

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-12048
(P2000-12048A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 M 8/02

識別記号

F I
H 0 1 M 8/02

テーマコード* (参考)
B 5 H 0 2 6
E

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-189927

(22) 出願日 平成10年6月18日 (1998.6.18)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 吉村 常治
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 水野 誠司
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100097146
弁理士 下出 隆史 (外2名)

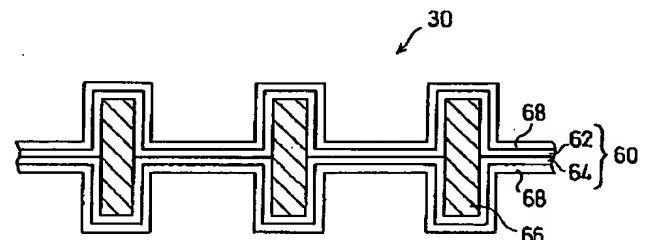
Fターム (参考) 5H026 AA06 BB00 BB02 CC03 CC08
CX07 EE02 EE08

(54) 【発明の名称】 燃料電池用ガスセパレータと該燃料電池用セパレータを用いた燃料電池、並びに燃料電池用ガスセパレータの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ガスセパレータにおいて歪みが生じるのを防止する。

【解決手段】 セパレータ30は、所定の凹凸形状に成形された2枚の基材板62、64を貼り合わせてなる基板部60と、基材板62、64の凹凸形状に応じて基材板62、64間に形成される空隙に設けられた充填部66と、基板部60の表面に形成されるコート層68とを備える。このようなセパレータ30では、所定の凹凸形状に成形することによって基材板62、64のそれぞれに生じた歪みは、2枚の基材板62、64を貼り合わせるにより互いに矯正されるため、セパレータ30において歪みが生じるのを抑えることができる。また、基材板62、64の間に導電性材料を介在させることによって充填部66を形成することで、セパレータ30の導電性および熱伝導性を向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータであって、

各々の一方の面上に前記所定の凹凸形状が形成された2枚の薄板を、他方の面同士が対向するように貼り合わせて成ることを特徴とする燃料電池用ガスセパレータ。

【請求項2】 前記2枚の薄板間に空隙が形成される場合、該空隙に導電性部材を介在させたことを特徴とする請求項1記載の燃料電池用ガスセパレータ。

【請求項3】 前記薄板は、金属製の薄板である請求項1または2記載の燃料電池用ガスセパレータ。

【請求項4】 前記所定の凹凸形状によって、前記燃料電池内で形成される流路を通過する流体は、水素を含有する燃料ガス、酸素を含有する酸化ガス、燃料電池の内部を冷却する冷却液の中から選択される流体である請求項1ないし3いずれか記載の燃料電池用ガスセパレータ。

【請求項5】 水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスの供給を受け、電気化学反応によって起電力を得る燃料電池であって、

請求項1ないし4いずれか記載の燃料電池用ガスセパレータを備える燃料電池。

【請求項6】 電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 各々の一方の面上に前記所定の凹凸形状が形成された2枚の薄板を用意する工程と、

(b) 前記2枚の薄板の他方の面同士が対向するように、前記2枚の薄板を貼り合わせる工程とを備えることを特徴とする燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【請求項7】 前記(b)工程において前記2枚の薄板を貼り合わせる際に、前記2枚の薄板間に空隙が形成される場合、該空隙に介在するように、前記2枚の薄板の間に導電性物質を配置して、前記貼り合わせを行なう請求項6記載の燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【請求項8】 電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 2枚の薄板を用意する工程と、

(b) 前記2枚の薄板の間に導電性物質が介在するように、前記2枚の薄板を重ね合わせる工程と、

(c) 前記導電性物質によって介在されながら重ね合わされた2枚の薄板を、プレス成形すると共に貼り合わ

せ、貼り合わされた前記2枚の薄板の表面に、前記所定の凹凸形状を形成する工程とを備えることを特徴とする燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【請求項9】 前記薄板は、金属製の薄板である請求項6ないし8いずれか記載の燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【請求項10】 電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータであって、薄板状に形成され、その厚み方向に貫通する複数の孔を備えるセパレータ基板部と、

導電性物質からなり、前記孔に貫入されて、前記セパレータ基板部の少なくとも片面に凸構造を形成する貫通部材とを備えることを特徴とする燃料電池用ガスセパレータ。

【請求項11】 水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスの供給を受け、電気化学反応によって起電力を得る燃料電池であって、

請求項10記載の燃料電池用ガスセパレータを備える燃料電池。

【請求項12】 電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 薄板状のセパレータ基板部を用意する工程と、

(b) 前記セパレータ基板部の所定の位置に、該セパレータ基板部をその厚み方向に貫通する複数の孔を設ける工程と、

(c) 導電性物質からなる貫通部材を、前記複数の孔のそれぞれに貫入し、前記セパレータ基板部の表面に前記所定の凹凸構造を形成する工程とを備えることを特徴とする燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【請求項13】 前記複数の孔およびこれに貫入される前記貫通部材は、略円形の断面を有する請求項12記載の燃料電池用ガスセパレータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池用ガスセパレータと該燃料電池用ガスセパレータを用いた燃料電池、並びに燃料電池用ガスセパレータの製造方法に関し、詳しくは、単セルを複数積層して構成する燃料電池において、隣接する単セル間に設けられ、隣接する部材との間で燃料ガス流路および酸化ガス流路を形成すると共に、燃料ガスと酸化ガスとを隔てる燃料電池用ガスセパレータと該燃料電池用ガスセパレータを用いた燃料電池、並びに燃料電池用ガスセパレータの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】燃料電池用ガスセパレータは、複数の単セルが積層された燃料電池スタックを構成する部材であって、十分なガス不透過性を備えることによって、隣合う単セルのそれぞれに供給される燃料ガスおよび酸化ガスが混じり合うのを防いでいる。従来、このような燃料電池用ガスセパレータは、炭素材料あるいは金属材料を用いて製造されてきた。一般に、金属材料は強度に優れているため、炭素材料を用いる場合に比べてより薄いガスセパレータを製造することが可能であり、ガスセパレータを薄くすることによって、燃料電池全体を小型化することが可能となる。

【0003】また、燃料電池用ガスセパレータは、通常は所定の凹凸構造を有し、この凹凸構造によって、燃料電池内で隣接する部材との間で、上記した燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。このような凹凸構造を有するガスセパレータを、金属材料によって製造する方法として、金属板をプレス成形する方法が提案されている（例えば、特開平7-161365号公報等）。このような製造方法によれば、プレス成形という簡便な方法によって燃料電池用ガスセパレータを製造することができるため、製造工程を簡素化・短期化して生産性を向上させ、製造コストの上昇を抑えることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、薄い金属板をプレスして、両面に所定の凹凸形状を有するガスセパレータを製造する場合には、金属板をプレスすることによってガスセパレータに歪みが生じてしまうという問題がある。所定の部材を積層して燃料電池を組み立てる際に、このように歪んだガスセパレータを用いると、ガスセパレータに隣接する部材とガスセパレータとが接触する際の面圧が、燃料電池全体で十分に均一にならないおそれがある。すなわち、燃料電池内に組み込まれた歪んだガスセパレータでは、この歪みによって、ガスセパレータに隣接する部材とガスセパレータとが接触する際の面圧が低い領域が生じ、このような領域では、隣接する部材との接触面が実質的に小さくなり、これによって導電性が低下し、燃料電池動作時の内部抵抗が大きくなるため電池性能が損なわれてしまう。また、上記面圧が低い領域では、熱伝導性も低下するため、燃料電池の内部温度の不均一化を引き起こし、電池性能の低下を招く。さらに、歪んだガスセパレータを積層して燃料電池を構成する場合には、そのガスセパレータの外周部において十分なガスシール性を確保することが困難になるという問題も生じる。

【0005】本発明の燃料電池用ガスセパレータと該燃料電池用セパレータを用いた燃料電池、並びに燃料電池用ガスセパレータの製造方法は、こうした問題を解決し、ガスセパレータにおいて歪みが生じるのを防止することを目的としてなされ、次の構成を採った。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータは、電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータであって、各々の一方の面上に前記所定の凹凸形状が形成された2枚の薄板を、他方の面同士が対向するように貼り合わせて成ることを要旨とする。

【0007】以上のように構成された本発明の第1のガスセパレータは、所定の凹凸形状を有する2枚の薄板を貼り合わせてなるため、2枚の薄板が互いに、凹凸形状を形成することで生じた歪みを抑え合い、ガスセパレータ全体の歪みが少なくなる。さらに、セパレータのそれぞれの面に形成される凹凸形状を、2枚の薄板を用いて別々に形成するため、1枚の板材を用いてその両面に凹凸形状を形成する場合に比べて、ガスセパレータ表面に形成する凹凸形状の設計の自由度が大きくなるという効果を奏する。さらに、一枚の板材を用いてその両面に凹凸形状を形成する場合に比べて、ガスセパレータ全体の厚みをより薄くすることが可能になる。すなわち、一枚の板材の両面に凹凸形状を形成する場合には、これら両面の凹凸形状を形成するのに十分な厚みを有する板材を用いてガスセパレータを製造する必要があるが、本発明のガスセパレータは、このように厚い板材を用いる必要がない。また、このようなガスセパレータを用いて燃料電池を構成すれば、ガスセパレータの歪みが抑えられているため、燃料電池を構成する各単セル内で生じる面圧をより均一にすることができ、部分的に面圧が低下することに起因して内部抵抗が増大し電池性能が低下してしまうのを防止することができる。

【0008】このようなガスセパレータにおいて、前記2枚の薄板間に空隙が形成される場合、該空隙に導電性部材を介在させる構成も好ましい。

【0009】このような構成とすれば、ガスセパレータの強度を向上させることができ、ガスセパレータをより薄く形成することが可能となる。さらに、ガスセパレータ全体の導電性を向上させることができ、このガスセパレータを用いることによって、燃料電池の電池性能を向上させることができる。また、ガスセパレータ全体の熱伝導性を向上させることもできる。熱伝導性が向上することにより、このようなセパレータを用いた燃料電池において、燃料電池の始動時に内部温度をより速やかに昇温させて立ち上げ時間を短くしたり、燃料電池内部を循環する冷却水による冷却効率を向上させて、燃料電池の内部温度をより均一な状態にすることが可能となる。

【0010】また、本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータにおいて、前記薄板は、金属製の薄板であることとしてもよい。このような構成とすれば、ガスセパレー

タの歪みを抑える効果をより顕著に得ることができる。すなわち、金属材料は、他の炭素材料などに比べて優れた強度を有しているため、より薄いガスセパレータを製造することができるという利点を有しているが、特にプレス成形によって大きな歪みが生じてしまい、金属製の薄板を用いて本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータを構成することによって、歪みを抑える大きな効果を得ることができる。

【0011】このような本発明の燃料電池用ガスセパレータにおいて、前記所定の凹凸形状によって、前記燃料電池内で形成される流路を通過する流体は、水素を含有する燃料ガス、酸素を含有する酸化ガス、燃料電池の内部を冷却する冷却液の中から選択される流体であることとしてもよい。

【0012】本発明の第1の燃料電池は、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスの供給を受け、電気化学反応によって起電力を得る燃料電池であって、請求項1ないし4いずれか記載の燃料電池用ガスセパレータを備えることを要旨とする。

【0013】本発明の第1の燃料電池によれば、この燃料電池を構成するガスセパレータにおいて歪みが小さいため、燃料電池を構成する各単セル内で生じる面圧をより均一にすることができ、部分的に面圧が低下することに起因して内部抵抗が増大し電池性能が低下してしまうのを防止することができる。

【0014】本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータの製造方法は、電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 各々の一方の面上に前記所定の凹凸形状が形成された2枚の薄板を用意する工程と、(b) 前記2枚の薄板の他方の面同士が対向するように、前記2枚の薄板を貼り合わせる工程とを備えることを要旨とする。

【0015】本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータの製造方法によれば、所定の凹凸形状が形成された2枚の薄板を貼り合わせてガスセパレータを製造するため、貼り合わせる2枚の薄板によって、凹凸形状を形成することによって生じる歪みが互いに矯正され、歪みの少ないガスセパレータを製造することができる。さらに、セパレータのそれぞれの面に形成される凹凸形状を、2枚の薄板を用いて別々に形成するため、1枚の板材を用いてその両面に凹凸形状を形成する製造方法による場合に比べて、ガスセパレータ表面に形成する凹凸形状の設計の自由度が大きくなるという効果を奏する。さらに、一枚の板材を用いてその両面に凹凸形状を形成する製造方法による場合に比べて、ガスセパレータ全体の厚みをより薄くすることが可能になる。すなわち、一枚の板材の両面に凹凸形状を形成する場合には、これら両面の凹凸

形状を形成するのに十分な厚みを有する板材を用いてガスセパレータを製造する必要があるが、本発明のガスセパレータは、このように厚い板材を用いる必要がない。

【0016】本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータの製造方法において、前記(b)工程において前記2枚の薄板を貼り合わせる際に、前記2枚の薄板間に空隙が形成される場合、該空隙に介在するように、前記2枚の薄板の間に導電性物質を配置して、前記貼り合わせを行なうこととしてもよい。このような構成とすれば、より強度に優れたガスセパレータを製造することができ、より薄いガスセパレータを製造することが可能となる。さらに、ガスセパレータ全体の導電性および熱伝導性を向上させることができる。

【0017】本発明の第2の燃料電池用ガスセパレータの製造方法は、電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 2枚の薄板を用意する工程と、(b) 前記2枚の薄板の間に導電性物質が介在するように、前記2枚の薄板を重ね合わせる工程と、(c) 前記導電性物質によって介在されながら重ね合わされた2枚の薄板を、プレス成形すると共に貼り合わせ、貼り合わされた前記2枚の薄板の表面に、前記所定の凹凸形状を形成する工程とを備えることを要旨とする。

【0018】本発明の第2の燃料電池用ガスセパレータの製造方法によれば、2枚の薄板をプレス成形すると共に貼り合わせ、このプレス成形によって、2枚の薄板各々の表面に所定の凹凸形状を形成するため、貼り合わせる2枚の薄板によって、凹凸形状を形成することによって生じる歪みが互いに矯正され、歪みの少ないガスセパレータを製造することができる。さらに、本発明の第1の燃料電池用ガスセパレータの製造方法と同様に、ガスセパレータ表面に形成する凹凸形状の設計の自由度が大きくなり、さらに、より薄いガスセパレータを製造することが可能になる。

【0019】本発明の第1または第2の燃料電池用ガスセパレータの製造方法において、前記薄板は、金属製の薄板であることとしてもよい。このような構成とすれば、ガスセパレータの歪みを抑える効果をより顕著に得ることができる。すなわち、金属板のプレス成形は特に歪みの問題が大きく生じてしまうが、本発明のガスセパレータの製造方法によって、歪みを抑える大きな効果を得ることができる。

【0020】本発明の第2の燃料電池用ガスセパレータは、電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池

10

20

30

40

50

用ガスセパレータであって、薄板状に形成され、その厚み方向に貫通する複数の孔を備えるセパレータ基板部と、導電性物質からなり、前記孔に貫入されて、前記セパレータ基板部の少なくとも片面に凸構造を形成する貫通部材とを備えることを要旨とする。

【0021】以上のように構成された本発明の第2の燃料電池用ガスセパレータは、前記セパレータ基板部とは別部材である前記貫通部材を用いることによって、燃料電池用ガスセパレータ表面に前記所定の凹凸形状を形成するため、凹凸形状を形成することに起因してガスセパレータに歪みが生じてしまうのを抑えることができる。すなわち、ガスセパレータを構成する前記セパレータ基板部において、曲げたり引き延ばしたりといった歪みの原因となる力が加わることがない。

【0022】ここで、前記燃料電池用ガスセパレータの両面に前記所定の凹凸構造を形成する燃料電池用ガスセパレータでは、前記孔において、前記貫通部材を前記セパレータ基板部の両面に突出させ、前記燃料電池用ガスセパレータ両面の対応する同じ位置に、前記凹凸形状を形成する凸構造を設けることとすればよい。一方の面だけに前記凹凸構造を形成し、他方の面は平板状となっている燃料電池用ガスセパレータでは、前記孔において、一方の面側にだけ前記貫通部材が突出し、他方の面では前記貫通部材は表面に突出していない構造とすればよい。このような燃料電池において、前記貫通部材は導電性物質からなるため、前記貫通部材によってガスセパレータとしての導電性が充分に確保できる場合には、前記セパレータ基板部は導電性を備えている必要はなく、前記セパレータ基板部を構成する材料の選択の幅を広げることができる。

【0023】本発明の第2の燃料電池は、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスの供給を受け、電気化学反応によって起電力を得る燃料電池であって、請求項10記載の燃料電池用ガスセパレータを備えることを要旨とする。

【0024】本発明の第2の燃料電池によれば、この燃料電池を構成するガスセパレータにおいて歪みが小さいため、燃料電池を構成する各単セル内で生じる面圧をより均一にすることができ、部分的に面圧が低下することによって内部抵抗が増大し電池性能が低下してしまうのを防止することができる。

【0025】本発明の第3の燃料電池用ガスセパレータの製造方法は、電解質層および電極層を含む複数の部材を積層してなる燃料電池内に、前記複数の部材の一つとして積層されると共に、表面に、前記燃料電池内を通過する流体の流路を形成するための所定の凹凸形状を有する燃料電池用ガスセパレータの製造方法であって、

(a) 薄板状のセパレータ基板部を用意する工程と、

(b) 前記セパレータ基板部の所定の位置に、該セパレータ基板部をその厚み方向に貫通する複数の孔を設ける

工程と、(c) 導電性物質からなる貫通部材を、前記複数の孔のそれぞれに貫入し、前記セパレータ基板部の表面に前記所定の凹凸構造を形成する工程とを備えることを要旨とする。

【0026】本発明の第3の燃料電池用ガスセパレータの製造方法によれば、前記セパレータ基板部とは別部材である前記貫通部材を用いることによって、燃料電池用ガスセパレータ表面に前記所定の凹凸形状を形成するため、凹凸形状を形成したことに起因する歪みを有しない燃料電池用ガスセパレータを製造することができる。すなわち、燃料電池用ガスセパレータを製造する際に、ガスセパレータを構成する前記セパレータ基板部において、曲げたり引き延ばしたりといった歪みの原因となる力が加わることがない。

【0027】また、本発明の第3の燃料電池用ガスセパレータの製造方法によれば、例えば、前記(b)工程に対応する工程として前記セパレータ基板部の打ち抜きを行ない、前記(c)工程に対応する工程として、前記複数の孔に前記貫通部材を圧入し、さらに圧入した前記貫通部材を所定の位置で切断して、前記凹凸形状を形成すればよい。このように、打ち抜きや圧入、切断などの簡便な工程によって燃料電池用ガスセパレータを製造することができるため、金属板や炭素材料をプレス成形する従来のガスセパレータの製造方法に比べて、製造工程を簡素化し、より短時間でガスセパレータを製造することができる。また、上記した打ち抜きや圧入、切断といった工程を用いることにより、板状の部材を曲げたりのぼしたりといった工程を利用する製造方法に比べて、前記凹凸形状を形成する際の精度を向上させることができる。

【0028】本発明の第3の燃料電池用ガスセパレータの製造方法において、前記複数の孔およびこれに貫入される前記貫通部材は、略円形の断面を有することとしてもよい。

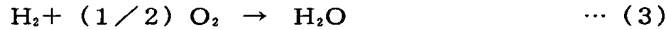
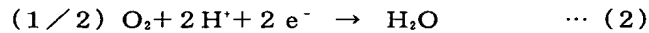
【0029】このような構成とすれば、前記複数の孔に対して前記貫通部材を貫入させる際に、互いの位置合わせをより容易にすることができる。また、断面が略円形である棒状の部材を製造するのは容易であるため、貫通部材として用いる棒状部材の大きさ(棒状部材の径)に関して選択の幅が広がり、これによって、前記凹凸形状の細かさを任意に選択することができる。細い径の部材を利用することにより、微細な凹凸形状を形成することができるため、本発明の第3の燃料電池用ガスセパレータの製造方法によれば、ガスセパレータ表面の前記凹凸形状として、より微細な凹凸形状を、より高い精度で容易に形成することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。図1は、本発明の好適な一実

施例であるセパレータ30の断面の様子を模式的に表わす説明図である。本発明の第1実施例のセパレータ30は、ステンレスからなり、基板部60を構成して所定の凹凸形状を有する2枚の基材板62、64と、貼り合わされた2枚の基材板62、64に介在して、基材板62、64の間に形成される空隙に形成される充填部66と、基板部60の表面に形成されるコート層68を備える。このセパレータ30に関する詳しい説明に先立って、説明の便宜上、まず、セパレータ30を用いて構成される燃料電池について以下に説明する。

【0031】本発明の第1実施例であるセパレータ30を用いて構成した燃料電池は、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。図2は、燃料*



【0034】(1)式は陰極における反応、(2)式は陽極における反応を表わし、燃料電池全体では(3)式に示す反応が進行する。このように、燃料電池は、燃料電池に供給される燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するものであり、エネルギー効率が非常に高い装置として知られている。燃料電池の構成単位である単セル28は、図2に示すように、電解質膜21と、カソード22およびアノード23と、セパレータ30a、30bとから構成されている。

【0035】カソード22およびアノード23は、電解質膜21を両側から挟んでサンドイッチ構造を成すガス拡散電極である。セパレータ30a、30bは、このサンドイッチ構造をさらに両側から挟みつつ、カソード22およびアノード23との間に、燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。カソード22とセパレータ30aとの間には燃料ガス流路24Pが形成されており、アノード23とセパレータ30bとの間には酸化ガス流路25Pが形成されている。実際に燃料電池を組み立てるときには、上記単セル28を所定の枚数積層してスタック構造14を形成する。

【0036】図2では、各セパレータ30a、30bの片面においてだけガス流路を成すリブが形成されているように表わされているが、実際の燃料電池では、図3に示すように、各セパレータ30a、30bは、その両方の面にそれぞれリブ54およびリブ55を形成している。セパレータ30a、30bのそれぞれの片面に形成されたリブ54は隣接するカソード22との間で燃料ガス流路24Pを形成し、セパレータ30a、30bの他面に形成されたリブ55は隣接する単セルが備えるアノード23との間で酸化ガス流路25Pを形成する。このように、セパレータ30a、30bは、ガス拡散電極との間でガスの流路を形成すると共に、隣接する単セル間で燃料ガスと酸化ガスとの流れを分離する役割を果たしている。セパレータ30a、30bは、実際に組み立て

* 電池の構成単位である単セル28の構成を例示する断面模式図、図3は、単セル28の構成を表わす分解斜視図、図4は、単セル28を積層したスタック構造14の外観を表わす斜視図である。

【0032】本実施例の燃料電池は、固体高分子型燃料電池である。固体高分子型燃料電池は、湿潤状態で良好な導電性を示す固体高分子からなる膜を電解質層として備えている。このような燃料電池は、陰極側に水素を含有する燃料ガスの供給を受け、陽極側に酸素を含有する酸化ガスの供給を受けて、以下に示す電気化学反応を進行する。

【0033】



られる燃料電池では、形態上、あるいは働きの上で区別はなく、以後、セパレータ30と総称する。

【0037】なお、各セパレータの表面に形成されたリブ54、55の形状は、ガス流路を形成してガス拡散電極に対して燃料ガスまたは酸化ガスを供給可能であれば良い。図2および図3では、各セパレータの表面に形成されたリブ54、55は平行に形成された複数の溝状の構造とした。図2では、単セル28の構成を模式的に表わすために、燃料ガス流路24Pと酸化ガス流路25Pとを平行に表わし、図3に示したセパレータ30では、各セパレータ30の両面で、リブ54とリブ55とはそれぞれ直交することとしたが、これらと異なる形状としてもよい。後述するように、セパレータ30は、プレス成形した基材板62、64を貼り合わせて製造するため、プレス成形によって形成可能な形状であればよい。

【0038】電解質膜21は、固体高分子材料、例えばフッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜であり、湿潤状態で良好な電気伝導性を示す。本実施例では、ナフィオン膜(デュボン社製)を使用した。電解質膜21の表面には、触媒としての白金または白金と他の金属からなる合金が塗布されている。

【0039】カソード22およびアノード23は、共に炭素繊維からなる糸で織成したカーボクロスにより形成されている。なお、本実施例では、カソード22およびアノード23をカーボクロスにより形成したが、炭素繊維からなるカーボンペーパーまたはカーボンフェルトにより形成する構成も好適である。

【0040】セパレータ30は、既述したように、金属製の基板部60の内部に形成される充填部66と、基板部60を被覆するコート層68とを備えている。このセパレータ30の周辺部には、4つの穴構造が設けられている。燃料ガス流路34Pを形成するリブ54を連絡する燃料ガス孔50、51と、酸化ガス流路35Pを形成するリブ55連絡する酸化ガス孔52、53である。燃

料電池を組み立てたときには、各セパレータ 30 が備える燃料ガス孔 50, 51 はそれぞれ、燃料電池内部をその積層方向に貫通する燃料ガス供給マニホールドおよび燃料ガス排出マニホールドを形成する。また、各セパレータ 30 が備える酸化ガス孔 52, 53 は、同じく燃料電池内部をその積層方向に貫通する酸化ガス供給マニホールドおよび酸化ガス排出マニホールドをそれぞれ形成する。

【0041】以上説明した各部材を備える燃料電池を組み立てるときには、セパレータ 30、カソード 22、電解質膜 21、アノード 23、セパレータ 30 の順序で順次重ね合わせ、その両端にさらに集電板 36, 37、絶縁板 38, 39、エンドプレート 40, 41 を配置して、図 4 に示すスタック構造 14 を完成する。集電板 36, 37 にはそれぞれ出力端子 36A, 37A が設けられており、燃料電池で生じた起電力を出力可能となっている。

【0042】エンドプレート 40 は、図 4 に示すように 2 つの穴構造を備えている。一つは燃料ガス孔 42、もう一つは酸化ガス孔 44 である。エンドプレート 40 と隣接する絶縁板 38 および集電板 36 は、エンドプレート 40 が備える 2 つの穴構造と対応する位置に同様の 2 つの穴構造を形成している。この燃料ガス孔 42 は、セパレータ 30 の備える燃料ガス孔 50 の中央部に開口している。なお、燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 42 と図示しない燃料供給装置とが接続され、水素リッチな燃料ガスが燃料電池内部に供給される。同様に、酸化ガス孔 44 は前記セパレータ 30 の備える酸化ガス孔 52 の中央部に対応する位置に形成されている。燃料電池を動作させるときには、この酸化ガス孔 44 と図示しない酸化ガス供給装置とが接続され、酸素を含有する酸化ガスが燃料電池内部に供給される。ここで、燃料ガス供給装置と酸化ガス供給装置は、それぞれのガスに対して所定量の加湿および加圧を行なって燃料電池に供給する装置である。

【0043】また、エンドプレート 41 は、エンドプレート 40 とは異なる位置に 2 つの穴構造を備えている。絶縁板 39、集電板 37 もまたエンドプレート 41 と同様の位置に、それぞれ 2 つの穴構造を形成している。エンドプレート 41 が備える穴構造の一つ燃料ガス孔 43 はセパレータ 30 の備える燃料ガス孔 51 の中央部に対応する位置に開口している。もう一つの穴構造である酸化ガス孔 45 はセパレータ 30 の備える酸化ガス孔 53 の中央部に対応する位置に開口している。燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 43 には図示しない燃料ガス排出装置が接続され、酸化ガス孔 45 には図示しない酸化ガス排出装置が接続される。

【0044】以上説明した各部材からなるスタック構造 14 は、その積層方向に所定の押圧力がかかった状態で保持され、燃料電池が完成する。スタック構造 14 を押

圧する構成については図示は省略した。

【0045】次に、以上のような構成を備えた燃料電池における燃料ガスおよび酸化ガスの流れについて説明する。燃料ガスは、上記した所定の燃料ガス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された燃料ガス孔 42 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で燃料ガスは、燃料ガス供給マニホールドを介して各単セル 28 が備える燃料ガス流路 24P に供給され、各単セル 28 の陰極側で進行する電気化学反応に供される。燃料ガス流路 24P から排出された燃料ガスは、燃料ガス排出マニホールドに集合してエンドプレート 41 の燃料ガス孔 43 に達し、この燃料ガス孔 43 から燃料電池の外部へ排出されて、所定の燃料ガス排出装置に導かれる。

【0046】同様に酸化ガスは、上記した所定の酸化ガス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された酸化ガス孔 44 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で酸化ガスは、酸化ガス供給マニホールドを介して各単セル 28 が備える酸化ガス流路 25P に供給され、各単セル 28 の陽極側で進行する電気化学反応に供される。酸化ガス流路 25P から排出された酸化ガスは、酸化ガス排出マニホールドに集合してエンドプレート 41 の酸化ガス孔 45 に達し、この酸化ガス孔 45 から上記所定の酸化ガス排出装置に排出される。

【0047】なお、上記した説明では、燃料電池に供給される燃料ガスおよび酸化ガスの流路およびその流れについてだけ説明したが、実際の燃料電池は、冷却水を通してさせるための流路をさらに備えている。既述したように、燃料電池で進行する電気化学反応では、燃料電池に供給される燃料中の化学エネルギーが電気エネルギーに変換されるが、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換は完全に行なわれるわけではなく、電気エネルギーに変換されなかった残りのエネルギーは熱として放出される。このように、燃料電池は発電と共に発熱を続けるため、燃料電池の運転温度を望ましい範囲内とするために、通常は燃料電池内に冷却水の流路を設け、燃料電池内に冷却水を通過させることによって余分な熱を取り除いている。

【0048】本実施例のセパレータ 30 は、図 3 に示した燃料ガス孔 50, 51 および酸化ガス孔 52, 53 の他に、冷却水の流路を形成するための 2 つの孔構造を有しており（図示せず）、セパレータなどを積層してスタック構造 14 を構成する際には、この 2 つの孔構造は、スタック構造 14 の内部を貫通し、後述するスタック内冷却水流路に対して冷却水を給排する冷却水流路を形成する。また、燃料電池を構成するスタック構造 14 では、積層された所定数の単セルごとに、通常のセパレータ 30 の代わりに、冷却水の流路を形成する凹凸構造を表面に形成する冷却水路セパレータを備える（図示せず）。この冷却水路セパレータ上に形成された凹凸構造は、冷却水路セパレータと、これに隣接する部材との間にスタック内冷却水流路を形成する。所定数の単セルご

とに配置されたこのスタック内ガス流路は、上記した孔構造からなる冷却水流路から冷却水の給排を受け、この冷却水によって、発電と共に生じた余分な熱を燃料電池内から取り除いている。

【0049】次に、本発明の要部に対応するセパレータ30の構成について説明する。セパレータ30は、既述したように、2枚の基材板62、64からなる基板部60と、充填部66と、コート層68とからなる。図5は、セパレータ30の製造方法を表わす説明図である。この図5では、セパレータ30の製造工程を表わすフローチャートと共に、フローチャートに示した各工程を表わす模式図を付した。以下に、図5に基づいてセパレータ30の製造方法を詳しく説明する。

【0050】最初に、2枚の金属板をプレス成形して、基材板62、64を作製する（ステップS100）。本実施例では、厚さ0.3mmのステンレス板を、 1 ton/cm^2 の面圧にてプレスした。これによって、基材板62、64では、それぞれの一方の面において、リブ54およびリブ55に対応する形状の凸部が形成される。次に、基材板62、64の間に充填材を配置して、基材板62、64をプレスすることによって両者を接着する（ステップS110）。すなわち、基材板62、64の間に充填材（ここでは熱膨張黒鉛）を配置して両者を接着することによって、基材板62、64の接着面側（上記リブ54、55に対応する凸部が形成されていない互いに対向する側）で、上記凸部に対応して形成される空隙に、既述した充填部66を備える基板部60を得る。このステップS110では、充填材として熱膨張黒鉛を用いているため、上記したように基材板62、64をプレスすることによって両者を接着することができる。具体的には、基材板62、64の接着面側に所定量の熱膨張黒鉛を配置し、この熱膨張黒鉛を挾持した基材板62、64を、上記凸部の形状に対応する形状の金型内で、 2 ton/cm^2 の面圧にてプレスすることで両者を接着した。これによって、基材板62、64を接着してなる基板部60であって、上記凸部に対応して内部に形成された空隙に、熱膨張黒鉛からなる充填部66が形成された基板部60を得ることができる。

【0051】ここで、熱膨張黒鉛とは、炭素材料の一種であり、天然黒鉛やカーボンブラック等の炭素材料を酸で処理した後に加熱して体積を膨張させた周知の材料である。このような熱膨張黒鉛は、熱膨張したことによって層構造を形成しており、圧縮する力を加えることによってこれらの層が互いにかみ合って強固に結合させることができるため、成形時にバインダを加える必要がない。上記したように、基材板62、64の間に熱膨張黒鉛を配設して金型内でプレスを行なうと、基材板62と基材板64とを接着する動作と、基板部60内部に形成される空隙を熱膨張黒鉛で充填する動作とを同時に行なうことができる。なお、ステップS110でプレスを行

なうときには、熱膨張黒鉛は、粉末の状態で基材板62、64間に配置してプレスに供することとしてもよいし、あらかじめシート状に形成したものを基材板62、64間に配置してプレスに供することとしてもよい。

【0052】次に、内部の空隙に熱膨張黒鉛を充填した基板部60に対して表面処理を施し（ステップS120）、セパレータ30を完成させる。本実施例では、表面処理として、上記基板部60の表面を、カーボン層であるコート層68で被覆する処理を行なった。コート層68は、熱膨張黒鉛からなるカーボンシートを成形しておき、このカーボンシートを、上記基板部60の面上に、基板部60の形状に対応する形状の金型を用いて圧着させることによって形成した。あるいは、あらかじめカーボンシートを成形しておく代わりに、上記基板部60上に、所定の形状の金型を用いて熱膨張黒鉛粉末を直接圧着させることとしてもよい。このように、基板部60上に熱膨張黒鉛からなる層を圧着させる際には、十分な接着強度を得るために、圧着に用いる金型内を略真空にすることが望ましい。また、上記した金型内での圧着の操作は、機械的にプレスすることとしてもよいし、静水圧を用いる構成も好ましい。

【0053】なお、ここでは説明を省略したが、セパレータ30を製造する際には、ステップS100におけるプレス成形の前または後において、金属板を打ち抜いて孔構造を設ける工程をさらに行なう。すなわち、既述した燃料ガス孔50、51あるいは酸化ガス孔52、53に対応する孔構造を、打ち抜きによって金属板に設ける。

【0054】以上のように構成した本実施例のセパレータ30の製造方法によれば、歪みの少ないセパレータを製造することができるという効果を奏する。プレス成形によって基材板62、64を作製したときには、基材板62、64では、それぞれの凹凸形状に応じて所定の歪みが生じるが、2枚の基材板62、64を貼り合わせることによって、それぞれの基材板62、64の歪みが互いに矯正し合うので、歪みの少ない基板部60を得ることができる。歪みの少ないセパレータを用いて燃料電池を組み立てれば、燃料電池を構成する各単セル内で生じる面圧をより均一にすることができ、部分的に面圧が低下することに起因して内部抵抗が増大し電池性能が低下してしまうのを防止することができる。

【0055】本実施例のセパレータ30の製造方法は、セパレータに歪みが生じるのを抑えることができるという上記した効果の他に、プレス成形により金属製のセパレータを製造する場合に共通する効果を得ることができる。すなわち、セパレータを製造する方法として、金属板をプレス成形する方法は、製造工程を短くすることができる簡便な方法であるため、本実施例のセパレータ30の製造方法を用いることにより、簡素化された製造工程で安価にセパレータを製造することができる。また、

金属材料は強度に優れているため、炭素材料によりセパレータを製造する場合に比べてセパレータを薄く形成することが可能となり、燃料電池全体を小型化することができる。

【0056】さらに、本実施例では、2枚の基材板62, 64を貼り合わせてセパレータ30を製造しているため、表面に凹凸形状を形成するセパレータの形成自由度を大きく向上させることができるという効果を奏する。一枚の金属板をプレス成形してセパレータを製造する場合には、同じ領域で両面に凸部を形成することは困難であり、セパレータ両面に形成する凹凸形状を設計する際には、セパレータ両面が互いに制約を受けてしまう。用いる金属板を厚くすれば両面に凸部を形成することも可能であるが、このようにセパレータを厚くすると燃料電池が大型化してしまい採用し難い。本実施例のセパレータ30の製造方法によれば、2枚の基材板62, 64を貼り合わせてセパレータ30を製造するため、セパレータ30の両面の凹凸形状が互いに制約を受けることがなく、凹凸形状を自由に設計するためにセパレータの厚みが増すこともない。

【0057】また、本実施例では、2枚の基材板62, 64の間に形成される空隙に充填材を充填しているため、リップ54, 55を形成する領域の座屈強度が向上し、スタック構造14を構成したときに生じるクリープを低減することができる。充填材によってリップ54, 55を形成する領域の座屈強度を向上させることができるため、セパレータの強度を確保するためにセパレータを厚く形成する必要がない。さらに、2枚の基材板62, 64の間に形成される空隙に充填材を充填することによって、セパレータ30の導電性と熱伝導性を向上させ、これを用いた燃料電池において電池性能を向上させることができる。すなわち、導電性に優れた熱膨張黒鉛を充填材として用いることによって、セパレータの導電性が向上し、これを用いた燃料電池において内部抵抗が減少する。また、このような充填材を用いることによって、上記空隙になにも充填しない場合に比べて熱伝導性に優れたセパレータを製造することができ、これを用いた燃料電池では、燃料電池内を通過する既述した冷却水による冷却効率が向上して、燃料電池の内部温度を望ましい温度範囲でより均一な状態とすることができる。さらに、セパレータの熱伝導性が向上することによって、燃料電池の始動時に燃料電池の内部温度を昇温させる際に、燃料電池全体をより速やかに昇温させて、燃料電池の立ち上げ時間を短くすることが可能となる。

【0058】図6は、本実施例のセパレータ30を用いて組み立てた燃料電池と、セパレータ30と同様のセパレータであって、内部の空隙に何も充填しないセパレータを用いて組み立てた燃料電池との電池性能を比較した結果を表わす説明図である。なお、これらの燃料電池は、それぞれ100組の単セルを積層して構成した。図

6に示すように、セパレータ30を用いて構成した燃料電池では、出力電流密度が大きくなった場合、すなわち接続する負荷の大きさを大きくした場合にも、十分な出力電圧を維持することができる。これに対し、内部の空隙に何も充填しないセパレータを用いて組み立てた燃料電池では、接続する負荷が大きくなるにつれて出力電圧が低下してしまう。このように、セパレータ30は、充填部66を設けて内部抵抗を小さくすることによって抵抗分極を低減し、十分な出力電圧を維持することができる。

【0059】なお、上記実施例では、貼り合わせた2枚の基材板62, 64の間に充填材を充填して充填部66を設け、セパレータ30の導電性および熱伝導性を向上させる構成としたが、製造されるセパレータの導電性および熱伝導性が許容できる範囲となるならば、この基材板62, 64間の空隙は、なにも充填しないこととしてもよい。このような場合にも、2枚の基材板62, 64を貼り合わせることによって、製造されるセパレータの歪みを低減する効果を得ることができる。また、充填部66を設けないことによって、セパレータ全体をより軽量化することができる。このように充填部66を設けない場合には、2枚の基材板62, 64の貼り合わせは、例えば、スポット溶接や、振動や超音波を利用した溶着により行なうこととすればよい。

【0060】また、本実施例のセパレータ30では、熱膨張黒鉛によって充填部66を構成することとしたが、貼り合わせたメタルプレート間に充填する充填材は、十分な導電性を有していれば、ガスセパレータの導電性と熱伝導性を向上させることによる既述した効果を得ることができる。実施例で用いた熱膨張黒鉛の他、天然黒鉛やカーボンブラックなどの炭素粉末にバインダ（熱硬化性樹脂など）を混合したものを用いることもできる。あるいは、上記したような炭素材料以外にも、導電性ペースト（炭素や金属の粉末を混入した接着剤）や、導電性樹脂、導電性材料からなるスポンジ状の発泡材（例えば発泡ニッケルなど）を用いることもできる。ここで、実施例に示した熱膨張黒鉛や導電性ペーストを充填材として用いる場合には、充填材自体が結着性を有しているため、プレスによって2枚の金属板を容易に接着させることができる。熱膨張黒鉛以外の炭素材料を用いる場合には、炭素材料にバインダを加えることによって、充填材において十分な結着性を実現することができる。発泡ニッケルを充填材として用いる場合のように、十分な結着性を有しない充填材を用いる場合には、接着剤によって金属板を結着させればよい。あるいは、発泡ニッケルを充填材として用いる際に、発泡ニッケルと金属板との接触面に熱膨張黒鉛を配し、熱膨張黒鉛を接着剤として用いることもできる。これらの構成の中で、特に、実施例に示した熱膨張黒鉛を充填材として用いる構成は、導電性に劣る材料を混入することなく単一の材料を充填材と

して用いるため、セパレータ全体の導電性が損なわれてしまうのを防ぐことができ、有利である。

【0061】また、本実施例のセパレータ30は、2枚の基材板62、64を貼り合わせてなる基板部60の表面を、熱膨張黒鉛からなるコート層68によって被覆しているため、十分な耐腐食性を備えている。ここで、コート層68を構成する材料は、基板部60に十分な耐腐食性を備えさせることができれば、異なる材料を用いても構わない。例えば、コート層68を、メッキ処理などによりニッケルで構成するならば、熱膨張黒鉛を用いる場合と同様に、燃料電池内で隣接するガス拡散電極との接触面における導電性を損なうことなく、十分な耐腐食性を実現することができる。また、導電性ペーストによって被覆することとしてもよい。

【0062】なお、セパレータ30においては、燃料電池内で隣接するガス拡散電極との接触面において十分な導電性が確保されていればよい。上記したように基板部60の表面全体を均一に被覆してコート層68を形成する必要はなく、上記接触面以外の領域（燃料ガス流路24Pおよび酸化ガス流路25Pを形成する面など）は、導電性を有しない材料で被覆して耐腐食性を確保することとしてもよい。例えば、親水性物質あるいは撥水性物質によって、燃料ガス流路24Pおよび酸化ガス流路25Pを形成する面を被覆する構成も好ましい。親水性物質としては、例えば、酸化珪素や吸水性樹脂などを用いることができる。また、撥水性物質としては、ポリテトラフルオロエチレンなどを用いることができる。

【0063】ここで、上記した燃料ガス流路24Pおよび酸化ガス流路25Pを形成する面を親水性あるいは撥水性にする効果について説明する。セパレータ30を備える燃料電池では、既述した(1)～(3)式に示した電気化学反応が進行するが、このような電気化学反応の進行に伴って、(2)式に示すように陽極側では水が生じる。この生成水は酸化ガス中に気化して燃料電池外に排出されるが、燃料電池内で部分的に温度が低下する領域などでは、生成水が凝縮して、酸化ガスの流路における酸化ガスの流れを妨げるおそれがある。また、(1)式に示すように陰極側で進行する電気化学反応ではプロトンを生じるが、このプロトンは水分子と水和した状態で固体電解質膜内を移動するため、燃料電池を運転する際には通常は、燃料電池に供給する燃料ガスを加湿することによって、固体電解質膜に対して陰極側から水分を補っている。したがって、加湿された燃料ガスが通過するガス流路においても、流路内で生じた凝縮水が燃料ガスの流れを妨げるおそれがある。燃料電池を構成する各単セル28内で、燃料ガス流路24Pおよび酸化ガス流路25Pを形成する面を親水性とすれば、このようなガス流路内で凝縮水が生じた場合に、この凝縮水は、流路内のガスの流れと共に親水性を有する流路の壁面に導かれて、単セル28内から容易に排出されるようになる。

また、同じく流路を形成する面を撥水性とすれば、凝縮水は、流路を形成する壁面状ではじかれて、ガスの流れによって単セル28内から容易に排出されるようになる。

【0064】なお、上記した実施例では、セパレータ30を製造する際に、充填部66を有する基板部60に対して表面処理を施し、コート層68を形成することとしたが、基材板62、64を貼り合わせて基板部60を作製するのに先立って、各基材板62、64に対して表面処理を施すこととしてもよい。すなわち、金属板をプレス成形して基材板62、64を作製した後（図5のステップS100）、各基材板62、64に対して図5のステップS120と同様の表面処理を施してコート層68を形成し、その後、図5のステップS110と同様に、充填材を間に配置して、コート層68を形成した基材板62、64を貼り合わせることもよい。

【0065】以上説明した実施例では、セパレータ30は、その表面にコート層68を備えることによって十分な耐腐食性を実現しているが、基材板62、64を形成する材料が十分な耐腐食性を有しているならば、基材板62、64の表面にコート層68を備えないこととしてもよい。このような場合にも、2枚の基材板62、64を貼り合わせて基板部60を形成することによって、製造されるセパレータの歪みを抑えることができる効果を得ることができる。

【0066】上記実施例では、ステンレスによって基材板62、64を構成することとしたが、アルミニウムなど他の金属によって基材板62、64を構成しても、上記実施例と同様の効果を得ることができる。セパレータの表面に、耐腐食性を実現するためのコート層68を設ける場合には、基材板62、64を構成する金属は、十分な耐腐食性を有している必要はなく、金属の重量やコストなどを考慮して適宜選択すればよい。

【0067】また、金属以外の導電性材料によって基材板62、64を構成し、これらを貼り合わせてセパレータを製造する場合にも、歪みがなく薄いガスセパレータを製造することができるという効果を得ることができる。金属以外の導電性材料としては、例えば、バインダを加えた炭素粉末や、熱膨張黒鉛を用いることができ、これらの材料を用いて所定の凹凸形状を形成した薄板を2枚プレス成形して基材板とし、この炭素材料からなる2枚の基材板を貼り合わせてセパレータを製造することができる。これに対して、上記した炭素材料をプレス成形することによって、所定の凹凸形状を両面に有するセパレータを一体で製造する場合には、両面に形成された凹凸形状によって、同一面上であっても場所により肉厚が異なってしまう。そのため、プレス成形時にかかる面圧が、この肉厚の違いによって同一面上であってもばらついてしまう。したがって、製造されるセパレータにおいて十分な強度を確保するためには、製造されるセパ

レータの肉厚を所定の大きさ以上にし、充分量のバインダを加えるといったことが必要となる。このようなバインダ量の増加は、導電性の低下を引き起こす。上記したように、炭素材料を成形した基材板を2枚貼り合わせることで、両面に所定の凹凸形状を有するセパレータを製造する場合には、それぞれの基材板においては、セパレータの片面に対応する凹凸形状だけを形成すればよい。また、基材板全体で肉厚を均一にすることが可能となる。したがって、各薄板をプレス成形するときにかかる面圧も均一となり、加えるバインダ量を削減すると共に炭素材料からなる基材板の肉厚をより薄くすることが可能となる。このように、金属以外の導電性材料からなる基材板を2枚貼り合わせる場合にも、導電性を有する充填材で2枚の基材板の間を充填することによって、既述した実施例と同様に導電性および熱伝導性を向上させるとともに、セパレータの強度を確保する効果を得ることができる。

【0068】なお、上記した実施例では、セパレータ30は、その両面のそれぞれにおいて設けられる凹凸構造によって、燃料ガス流路24Pおよび酸化ガス流路25Pを形成することとしたが、これら燃料ガスあるいは酸化ガス以外の流体の流路を形成することとしてもよい。例えば、燃料ガスの内部温度を所望の温度範囲内に保つために燃料電池内を通過させる既述した冷却水の流路を形成することとしてもよい。すなわち、実施例に示したセパレータ30の製造方法と同様の製造方法によって、既述した冷却水路セパレータを製造しても、上記実施例と同様の効果を得ることができる。

【0069】また、このようにして製造するセパレータは、両面に流体の流路を形成する必要はなく、一方の面は凹凸のない平板状であってもよい。例えば、燃料電池において、上記冷却水路セパレータに隣接する部材として、冷却水路セパレータに接する面は平板状に形成され、もう一方の面は、燃料ガス流路24Pあるいは酸化ガス流路25Pを形成する凹凸構造を有するセパレータを設ける場合に、このセパレータを、実施例のセパレータ30の製造方法と同様の方法によって製造することとしてもよい。このような場合にも、2枚の基材板を貼り合わせることでセパレータの歪みを抑える効果を得ることができ、また、内部に形成される空隙に導電性の充填材を充填する場合には、導電性および熱伝導性が向上することによる既述した効果を得ることができる。

【0070】上記した第1実施例では、2枚の基材板を貼り合わせてセパレータを製造することにより、セパレータの歪みを抑えることとしたが、セパレータを構成する平板状の基部と、ガス流路を形成するためにこの上に形成された凸構造とを、別部材とすることによってセパレータの歪みを抑えることもできる。このような構成を第2実施例として以下に説明する。

【0071】図7は、第2実施例のセパレータ130の

断面の様子を模式的に表わす説明図、図8は、同じくセパレータ130の表面の様子を表わす平面図である。第2実施例のセパレータ130は、ステンレスによって構成され、円形の断面を有してその厚み方向に貫通して設けられた複数の孔構造を有する基板部160と、この孔構造のそれぞれを貫通して基板部160にはめ込まれた複数の貫通部材170と、これら基板部160および貫通部材170の表面を被覆する層であって熱膨張黒鉛によって構成されたコート層168とからなる。セパレータ130は、第1実施例のセパレータ30と同様に所定の部材と共に積層されて、第1実施例と同様の燃料電池を構成する部材であり、以下の説明では、第1実施例と共通する構成には同じ部材番号を付し、詳しい説明は省略する。

【0072】セパレータ130は、セパレータ30と同様に、その外周部に、燃料ガス孔50、51および酸化ガス孔52、53を備えている。また、セパレータ130は、規則的に配設された上記貫通部材170によって基板部160上に形成される凸構造である複数のリブ部155を、それぞれの面において同一の場所に有している。ここで、基板部160は、上記リブ部155が形成された領域である平板部182と、セパレータ130の外周領域（燃料ガス孔50、51や酸化ガス孔52、53が形成されている領域の周辺部）であるシール部180とから構成されており、シール部180は、平板部182に比べて、断面の厚みが厚く形成されている。シール部180に対して凹面を形成する平板部182は、セパレータ130の一方の面では、セパレータ130を燃料電池に組み込んだときに酸化ガス孔52、53を連通可能となるように設けられており（図8参照）、このような燃料電池では、隣接するガス拡散電極と、リブ部155の先端部とが接触し、リブ部155の側面と平板部182の表面とによって、隣接するガス拡散層との間で酸化ガス流路25Pが形成される。同様に、セパレータ130の他方の面では、燃料ガス孔50、51を連通可能となる平板部182が設けられており、この平板部182は、燃料電池を組み立てたときには、リブ部155の側面と共に燃料ガス流路24Pを形成する。

【0073】以下に、セパレータ130の製造方法について説明する。図9は、セパレータ130の製造方法を表わす説明図である。この図9では、セパレータ130の製造工程を表わすフローチャートと共に、フローチャートに示した各工程を表わす模式図を付した。

【0074】まず、ステンレスからなる薄板を用意し、この薄板の所定の位置を打ち抜いて複数の孔をあけ、基板部160を作製する（ステップS200）。ここで、ステンレス板上に開けられる孔は、図8に示したセパレータ130が備える各リブ部155に対応する位置に設けられる孔、および、燃料ガス孔50、51と酸化ガス孔52、53に対応する孔である。また、ステップS2

00で形成される孔の中で、各リブ部155に対応する位置に設けられる孔は、リブ部155の断面の直径よりも一回り小さい直径を有している。次に、各リブ部155に対応する位置に設けた孔のそれぞれに、フィードを用いて金属製のワイヤを圧入する(ステップS210)。ここで圧入するワイヤは、セパレータ130においてリブ部155を形成するものであり、上記ステップS200で形成された各孔よりも一回り大きい直径を有している。このようなワイヤを用いることにより、圧入と同時に、金属製の基板部160とワイヤとの間で十分なシール性を得ることができる。

【0075】次に、基板部160に圧入したワイヤの端部を切断する(ステップS220)。このとき、各ワイヤが切断される位置(基板部160からの距離)は、基板部160の各面上においてそれぞれ一定とする。このようにワイヤの端部を切断することにより、基板部160に設けられた孔に圧入された貫通部材170が形成され、基板部160の両面には、それぞれ同じ位置に、複数のリブ部155が形成される。リブ部155を形成すると、これら複数のリブ部155と基板部160に対し、図5のステップS120と同様の表面処理を施して(ステップS230)、セパレータ130を完成する。すなわち、複数のリブ部155と基板部160との表面を、第1実施例のセパレータ30と同様に、熱膨張黒鉛で被覆する。

【0076】以上のように構成した第2実施例のセパレータ130の製造方法によれば、平板上の基板部160と、リブ部155を形成するワイヤとを別部材で構成するため、セパレータにおいて凹凸形状を形成することによってセパレータに歪みが生じてしまうのを抑えることができる。すなわち、リブ部155を別部材によって構成することにより、基板部60において、金属板を曲げたり引き延ばしたりといった歪みの原因となる力が加わることがない。

【0077】また、上記実施例のセパレータ130は、リブ部155を形成するための孔構造の打ち抜きと、この孔構造へのワイヤの圧入、圧入したワイヤの切断という簡便な工程によって所定の凹凸形状を形成するため、金属板や炭素材料をプレス成形する従来のセパレータの製造方法に比べて、製造工程を簡素化し、より短時間でセパレータを製造することができる。

【0078】なお、本実施例のセパレータ130を製造する際に、セパレータ130の表面に形成されるリブ部155の大きさは、上記圧入の際に用いるワイヤの径を調節することによって自由に選択することができる。細かい径のワイヤを選択することによって、細かいリブ形状を、高い精度で形成することができる。炭素材料や金属板をプレス成形して凹凸形状を形成する場合に比べて、はるかに容易に微細な凹凸形状を形成することができ、複雑な凹凸形状を備えた金型を用いるためにコストが上

昇してしまうことがない。

【0079】上記実施例のセパレータ130の製造方法によれば、金属板をプレス成形して両面に凹凸構造を有するガスセパレータを製造するという、従来知られるセパレータの製造方法を用いる場合に比べて、より薄い金属板を用いることができる。金属板をプレス成形して所定の凹凸形状を有するガスセパレータを製造する場合には、プレス成形の際に、金属板において凹凸形状を形成する領域が曲げたり引き延ばされたりするため、十分な厚みを持った金属板を用いる必要がある。上記実施例では、貫通部材170を圧入するための孔構造を打ち抜くだけであるため、プレス成形する場合に用いる金属板よりも薄い金属板を、基板部160として用いることができる。このように、プレス成形に供する材料を曲げたり引き延ばしたりすることがないため、上記実施例のセパレータ130の製造方法は、炭素粉末を主成分とする材料をプレス成形して、成型カーボンからなるセパレータを製造する場合に比べても、セパレータをより薄くすることが可能となる。このように、セパレータを製造するために用いる金属板の厚みを薄くすることによって、燃料電池全体をより小型化することができるという効果を奏する。

【0080】なお、上記第2実施例では、基板部160は、ステンレス板を用いて形成することとしたが、異なる材料を用いることとしてもよい。例えば、アルミニウムなど他の金属や、炭素材料や樹脂などによって形成することとしてもよい。ここで、上記した実施例では、セパレータ130の表面をコート層168によって被覆しているため、基板部160を構成する部材が十分な耐腐食性を有している必要はなく、十分な強度を有し、燃料電池の運転温度に十分に耐える材料であればよい。また、本実施例のセパレータ130は、別部材である基板部160とリブ部155とから構成されており、セパレータとしての導電性はリブ部155によって確保されるため、基板部160は導電性を備える必要はない。したがって、セパレータ全体をプレスなどで一体形成する場合に比べて、基板部160を形成する材料の選択の幅が広がり、より耐食性に優れた材料、あるいは軽量な材料を用いることが可能となり、コストなどを考慮して適宜選択することができる。

【0081】また、上記実施例では、リブ部155を設けるためにワイヤを用いたが、このワイヤは、十分な導電性を有するものであり、基板部160に圧入する操作、あるいは燃料電池内に組み込まれたときの条件に耐える十分な強度を有している。さらに、セパレータ130を製造する際には、基板部160に設けた孔構造にこのワイヤを圧入してリブ部155を形成するため、基板部160とこれに圧入するワイヤとの間のシール性を確保するのが容易となる材料によって、ワイヤを構成することが望ましい。上記実施例で示したように、金属材料

によってワイヤを構成し、金属材料によって基板部160を構成すれば、上記実施例と同様に、基板部160に設けた孔構造よりも一回り径の大きなワイヤを圧入するといった簡便な方法によって、容易に上記シール性を実現することができる。あるいは、金属製のワイヤを用いる場合には、上記シール性を実現するために、基板部160に設けた孔構造よりも一回り径の小さなワイヤを上記孔構造にはめ込んで、このワイヤを所定の長さに切断して貫通部材170を形成した後、この貫通部材170を上下から圧をかけてかしめるといった方法を用いることもできる。また、ワイヤを圧入してリブ部155を形成した後に、リブ部155と基板部160との接触部の隙間を塞ぐなど、リブ部155と基板部160との間のシール性を確保するための処理を施して、十分なシール性を確保することができるならば、リブ部155を形成するためのワイヤを、炭素材料など他の導電性材料によって構成することとしても構わない。

【0082】以上のことから、例えば、基板部を樹脂で、貫通部材を炭素材料で構成することによってセパレータを製造することができる。ここで、貫通部材を挿入するための孔を備えた基板部は、樹脂シートを打ち抜いて孔を空けることによって作製しても良いし、射出成形により作製しても良い。樹脂シートを打ち抜いて孔を空ける操作は、上記実施例のように金属板を打ち抜いて孔を空ける操作よりも容易に行なうことができて有利である。また、射出成形により基板部を作製する場合は、射出成形を行なう際に、後述するシール部180に対応する構造を、貫通部材を挿入するための孔と同時に設けることができる。このように、燃料電池においてガスシール性を確保するためのシール部を一体で成形できるため、従来のプレス成形によってセパレータを製造する場合に比べて、燃料電池を製造する際の部品点数を削減することができ、製造コストを抑えることが可能となる（後述するように、プレス成形の場合は、このようなシール部を一体成形することが非常に困難である）。炭素材料からなる貫通部材は、熱膨張黒鉛を成形することによって作製しても良いし、黒鉛粉末にバインダ（熱硬化性樹脂など）を加えたものを成形して作製しても良い。このように、基板部を樹脂で、貫通部材を炭素材料で構成することによってセパレータを製造する場合には、基板部も貫通部材も共に、十分な耐腐食性を備えるため、第実施例のセパレータ130のようにコート層168を設ける必要がない。

【0083】また、貫通部材を、上記したように導電性部材で構成する代わりに、樹脂で構成することも可能である。例えば、基材板は第2実施例のセパレータ130と同様に金属板によって構成し、貫通部材を樹脂で形成することとしても良い。この場合は、セパレータ表面全体、あるいは、貫通部材の表面を導電性の被膜によって被覆し（炭素材料で被覆、あるいは金属でメッキするな

ど）、燃料電池用セパレータとしての導電性を確保すればよい。

【0084】なお、セパレータ130は、熱膨張黒鉛からなるコート層168を形成することによって十分な耐腐食性を備えているが、このコート層168は、第1実施例のセパレータ30におけるコート層68と同様に、ニッケルなどの金属や導電性ペーストなど、炭素材料以外の材料によって形成することとしてもよい。また、燃料電池内で隣接するガス拡散電極との接触面以外の領域は導電性を確保する必要がないため、このような接触面以外の領域は、第1実施例と同様に、親水性物質や撥水性物質によって被覆することによって、十分な耐腐食性を備えさせると共に、単セル28内のガス流路における排水性を向上させることとしてもよい。また、基板部160および貫通部材170を構成する部材が、許容できる十分な耐腐食性を有している場合には、コート層168を設けないこととしてもよい。

【0085】また、上記第2実施例では、金属板を打ち抜いて孔構造を設けるだけで、プレス成形によって凹凸形状を形成しないため、基板部160を作製する際に、基板部160の厚みが変わってしまうことがない。したがって、外周部にあらかじめ断面が厚い領域を形成した金属板を用いて基板部160を作製することができ、このようにして製造したセパレータ130を燃料電池に組み込んでスタック構造を構成したときに、この断面が厚い領域によってガスのシール性を容易に確保することができる。

【0086】図10は、図8に示したセパレータ130の10-10線における断面の一部（セパレータ130の外周部近傍）の様子を表わす説明図である。既述したように、セパレータ130を構成する基板部160は、貫通部材170からなるリブ部155が配列する領域に形成された平板部182と、セパレータ130の外周部に設けられ、断面の厚みが厚く形成されたシール部180とからなっている。既述したセパレータ130の製造方法では説明を省略したが、セパレータ130を製造する際には、あらかじめシール部180を外周部に設けた金属板を、図9に示した製造工程に供した。このように外周部にシール部180を備えたセパレータ130を用いて燃料電池を組み立てると、隣接するセパレータ130同士は、互いのシール部180において接触し、シール部180同士を接触させることによって、十分なガスシール性を実現することができる。

【0087】ここで、金属板をプレス成形してガスセパレータを製造する場合には、プレス成形の際に金属板の厚みが変わってしまうため、このように外周部にシール部を形成した金属板を用いることは困難である。したがって、通常は、ガスセパレータ外周部に貼り付けてシール部を形成するためのシール部材を別部材として用意したり、単セル内ガス流路を形成する凹凸形状を形成する

部材と、マニホールドを構成する孔構造を形成する部材とを別個に形成してガスセパレータを製造する、などの方法を採用していた。上記実施例のようにガスセパレータを製造する場合には、あらかじめシール部 180 を形成した金属板を用いてセパレータ 130 を製造することができるため、従来のプレス成形を行なう場合に比べて、燃料電池を製造する際の部品点数を削減することができるという効果を奏する。

【0088】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる様態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】セパレータ 30 の断面の様子を模式的に表わす説明図である。

【図 2】燃料電池の構成単位である単セル 28 の構成を例示する断面模式図である。

【図 3】単セル 28 の構成を表わす分解斜視図である。

【図 4】単セル 28 を積層したスタック構造 14 の外観を表わす斜視図である。

【図 5】セパレータ 30 の製造工程を表わす説明図である。

【図 6】セパレータ 30 と、充填部のないセパレータとのそれぞれを用いて構成した燃料電池における電池性能を比較した結果を表わす説明図である。

【図 7】第 2 実施例のセパレータ 130 の断面の様子を模式的に表わす説明図である。

【図 8】セパレータ 130 の表面の様子を表わす平面図である。

【図 9】セパレータ 130 の製造工程を表わす説明図である。

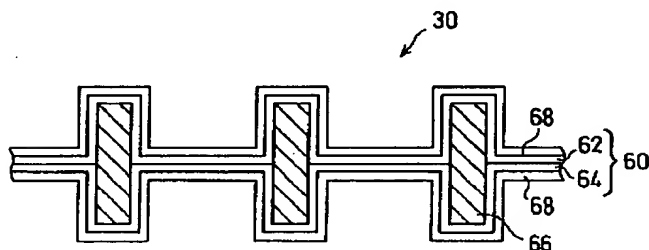
【図 10】セパレータ 130 の外周部近傍の断面の一部 *

* の様子を表わす説明図である。

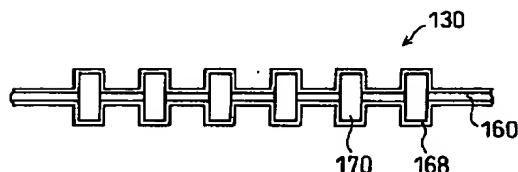
【符号の説明】

- 14…スタック構造
- 21…電解質膜
- 22…カソード
- 23…アノード
- 24P…燃料ガス流路
- 25P…酸化ガス流路
- 28…単セル
- 30, 30a, 30b…セパレータ
- 34P…燃料ガス流路
- 35P…酸化ガス流路
- 36, 37…集電板
- 36A, 37A…出力端子
- 38, 39…絶縁板
- 40, 41…エンドプレート
- 42, 43…燃料ガス孔
- 44, 45…酸化ガス孔
- 50, 51…燃料ガス孔
- 52, 53…酸化ガス孔
- 54, 55…リブ
- 60…基板部
- 62, 64…基材板
- 66…充填部
- 68…コート層
- 130…セパレータ
- 155…リブ部
- 160…基板部
- 168…コート層
- 170…貫通部材
- 180…シール部
- 182…平板部

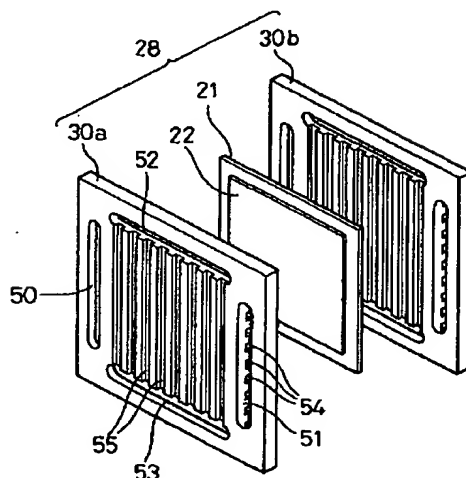
【図 1】



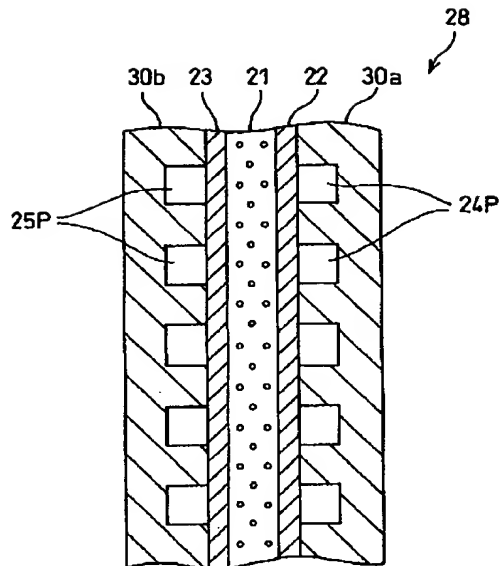
【図 7】



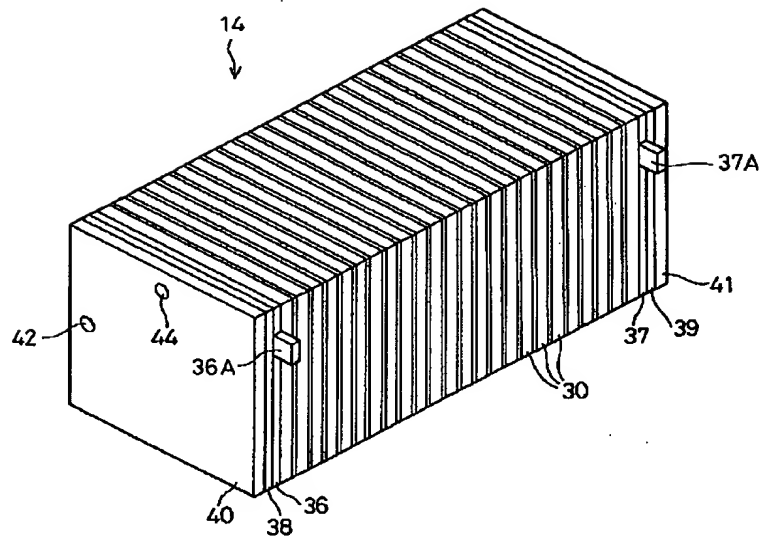
【図 3】



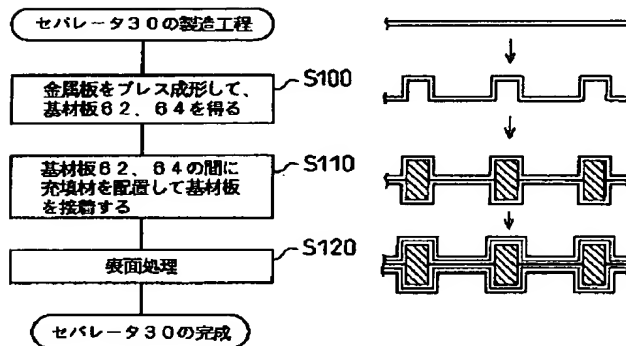
【図2】



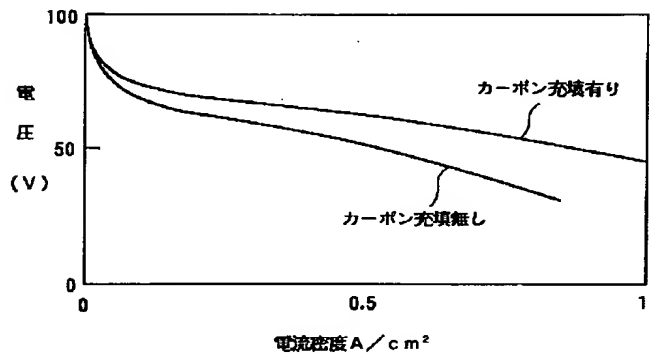
【図4】



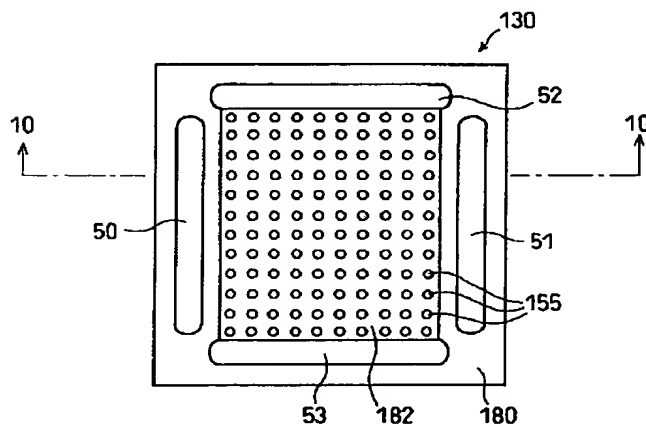
【図5】



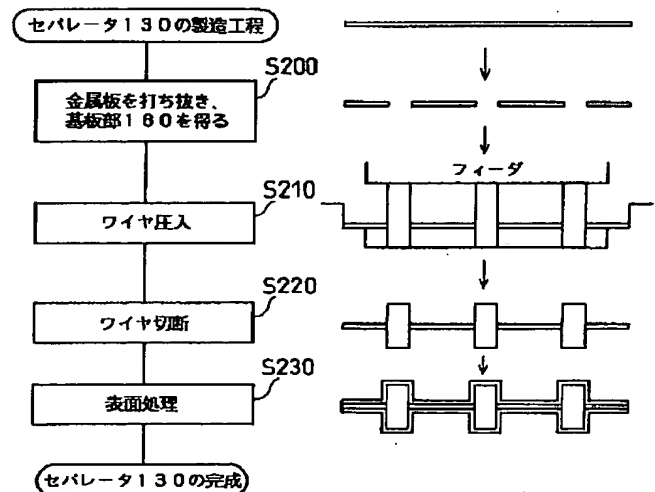
【図6】



【図8】



【図9】



【図 10】

